第10講　反応速度

2　反応速度

反応速度に関して苦手意識を持っている人が多い。しかし，入試問題の出題パターンは完全に決まっており，その一通りをきちんと押さえておけば必ず解ける。反応速度を大きくするにはどうすればいいのか。反応速度はどのように表すことができるのか。どんな実験からそれを求めることができるのか。演習問題を利用してしっかり触れておこう。

(1)　反応経路

A_2　+　B_2　⟶　2AB

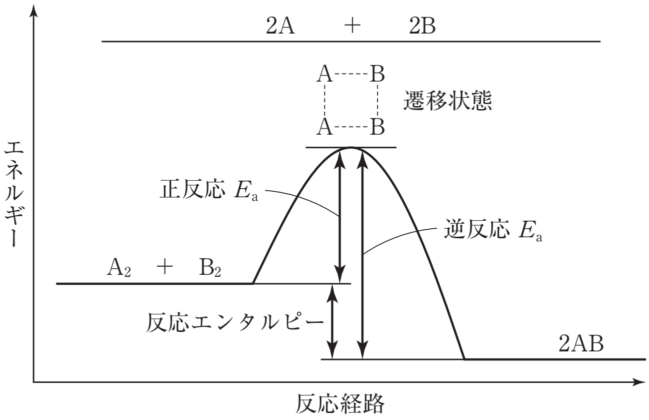
①反応物 A_2 と B_2 の衝突

②遷移状態(活性化状態)

：活性錯合体になっている

③生成物 AB

このとき，遷移状態になるために必要なエネルギー，すなわち反応が進行するために必要なエネルギーを活性化エネルギー（E_a）という。



(2)　反応速度を支配する因子

反応速度を大きくするには…

①触媒を加える

活性化エネルギー E_a が小さくなる。

正確には，小さくするものを正触媒，大きくするものを負触媒という。

②温度を上げる

反応物の運動エネルギーが大きくなるため，活性化エネルギー以上のエネルギーをもつ分子が増加する。

③反応物の濃度を大きくする

衝突回数が増加する。濃度が大きくなれば，比例して反応速度も大きくなる。

xA　+　yB　⟶　zC について

$v = k[\mathrm{A}]^x[\mathrm{B}]^y$　(反応速度式)

k：速度定数(温度と活性化エネルギーで決まる)

注：x，y はかならずしも反応式の係数と一致するとはかぎらない。正確には実験から求まるものである。

(3) 反応速度式を求める実験

反応速度式を求めるには，単位時間あたりの反応物の減少量，もしくは生成物の増加量を測定していく。

その結果から

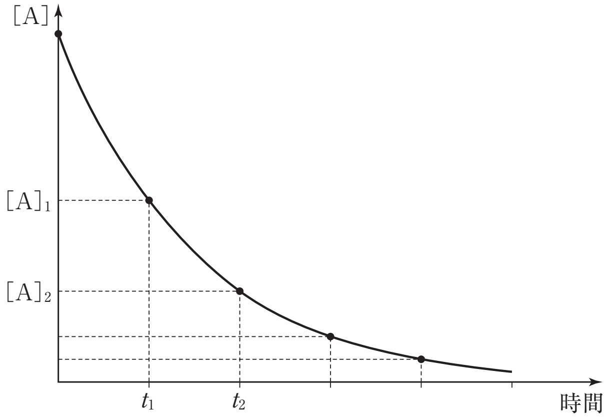
①平均の濃度

$$[\overline{A}] = \frac{[A]_1 + [A]_2}{2}$$

②平均の速度

$$\overline{v} = -\frac{[A]_2 - [A]_1}{t_2 - t_1}$$

を計算する。



(4) 一次反応の半減期

半減期とは，濃度が半分になるまでの時間である。一次反応では，この数値が一定になる。

第10講　演習問題

1　次の文章を読んで，あとの各問に答えよ。

密閉容器に反応物A_2とB_2を入れると，次のような化学反応式にしたがって生成物ABが生じる。

$$A_2(気体) + B_2(気体) \longrightarrow 2AB(気体)$$

この反応において，反応物A–AとB–Bの結合が切断され，最終的な生成物A–Bの新しい結合が生じている。したがって，この化学反応の(a)反応エンタルピーを知るには，(b)反応物の結合エネルギーの和と生成物の結合エネルギーの和を計算し，その2つの差を求めればよい。

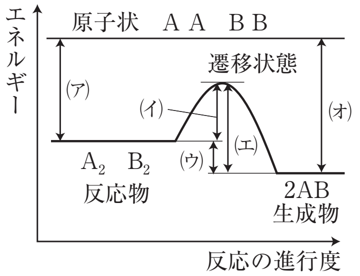


図　反応の進行度とエネルギー

反応物の結合エネルギーの和は大きな値となるが，実際にはこの化学反応はそれより低いエネルギー状態で進行する。それは，これらの反応物は完全に解離するのではなく，図に示すような遷移状態を経由して反応が進行するからである。このとき必要なエネルギーを(c)活性化エネルギーと呼ぶ。

問1　下線で示した(a)～(c)は図の中のどの部分に相当するか，記号(ア)～(オ)で示せ。

問2　化学反応に対して触媒を使用すると，反応エンタルピー，活性化エネルギー，反応速度はそれぞれどのように変化するか。それぞれ一つ選べ。

反応エンタルピー：大きくなる　　変化しない　　小さくなる

活性化エネルギー：大きくなる　　変化しない　　小さくなる

反応速度：速くなる　　変化しない　　遅くなる

問3　一般的に温度が高くなると反応速度が速くなることが知られている。その理由として誤っているものを，次の選択肢の中から一つ選んで番号で答えよ。

(1)　温度が高くなると，活性化エネルギーを超える粒子が増加するため

(2)　温度が高くなると，分子の熱運動が激しくなって，衝突回数が増加するため

(3)　温度が高くなると，活性化エネルギーが高くなるため

$\boxed{2}$　以下の文を読み，下線①から下線⑤の数値を有効数字2桁で求め，$\boxed{1}$から$\boxed{15}$にあてはまる最も適切な数値を記せ。$\log_e 2 = 0.693$とする。

ある化合物Aの分解反応は，A ⟶ B＋Cという化学反応式で表される。この反応の速さはAの濃度に比例することがわかっている。この反応を一定の温度で行い一定時間ごとにAの濃度[A]（mol/L）を測定したところ下表のような結果が得られた。

反応時間 t（min）	0	2	4	6	8
[A]（mol/L）	6.00	5.40	4.80	4.30	3.80

この結果から化合物Aの分解反応の反応速度定数を求めてみる。①反応開始後0分から2分の時間間隔における化合物Aの分解速度は$\boxed{1}.\boxed{2}\times 10^{-\boxed{3}}$mol/(L・min)であり，②化合物Aの平均濃度は$\boxed{4}.\boxed{5}\times 10^{-\boxed{6}}$mol/Lであることから，③反応開始後0分から2分における化合物Aの分解反応の反応速度定数は$\boxed{7}.\boxed{8}\times 10^{-\boxed{9}}$/minである。同様に，反応開始後2分から4分，4分から6分，6分から8分の時間間隔における反応速度定数を求め，④反応開始後0分から2分における反応速度定数も含めた各時間間隔の反応速度定数の平均値は，$\boxed{10}.\boxed{11}\times 10^{-\boxed{12}}$/minとなる。この結果から反応速度定数は化合物Aの濃度に関わらず，ほぼ一定の値になることがわかる。反応開始時の化合物Aの濃度を$[A]_0$(mol/L)，反応速度定数をk(/min)としたとき，t分後の化合物Aの濃度[A]（mol/L)は次式で表される。

$$[A] = [A]_0 e^{-kt}$$

この式を用いて，⑤化合物Aの濃度が反応開始時の濃度の半分になる時間を求めると，$\boxed{13}.\boxed{14}\times 10^{\boxed{15}}$minとなる。

計算に際しては，下線④で求めた反応速度定数k(/min)を用いること。

第10講　確認テスト

1

問1　一般に化学反応の速度定数は，温度が高くなるほど大きくなる。その理由として適切なものを，下の㋐～㋔のうちから一つ選べ。

㋐　生成物が増加する方向に平衡が移動する。
㋑　大きなエネルギーを持った反応物の粒子の数が増加する。
㋒　活性化エネルギーが小さくなる。
㋓　活性化エネルギーが大きくなる。
㋔　反応エンタルピーが小さくなる。

問2　一般に化学反応の速度は，触媒を用いると速くなる。その理由として適切なものを，下の㋐～㋔のうちから一つ選べ。

㋐　生成物が増加する方向に平衡が移動する。
㋑　反応物の粒子どうしの衝突回数が増加する。
㋒　異なる反応経路を通る。
㋓　活性化エネルギーが大きくなる。
㋔　反応エンタルピーが小さくなる。

第10講　演習問題

1

問１　(a)　(ウ)　　(b)　(ア)　　(c)　(イ)

問２　反応エンタルピー：変化しない
　　　活性化エネルギー：小さくなる
　　　反応速度：速くなる

問３　(3)

2

1：3　　2：0　　3：1　　4：5　　5：7　　6：0

7：5　　8：3　　9：2　　10：5　　11：7　　12：2

13：1　　14：2　　15：1

第10講　確認テスト

1　問1　㋑　　問2　㋒

【解説】

問1　温度が高くなると，粒子の運動エネルギーが大きくなり，活性化エネルギー以上のエネルギーをもつ粒子の割合が増加するため，速度定数が大きくなる。

問2　触媒を用いると活性化エネルギーの小さい反応経路で反応が進むため，反応速度が大きくなる。